

10/717, 202  
50212 - 551

November 20, 2003  
YAMAMOTO et al.

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

McDermott, Will & Emery

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    8 月 2 6 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 3 0 1 8 3 9  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 3 0 1 8 3 9 ]

出      願      人                      住 友 電 気 工 業 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 1 月 1 9 日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願  
【整理番号】 103Y0428  
【提出日】 平成15年 8月26日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G02B 6/16  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内  
    【氏名】 山本 義典  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内  
    【氏名】 藤井 隆志  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内  
    【氏名】 加藤 考利  
【発明者】  
    【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内  
    【氏名】 笹岡 英資  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000002130  
    【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100088155  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 長谷川 芳樹  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100089978  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 塩田 辰也  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100092657  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 寺崎 史朗  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100110582  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 柴田 昌聰  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 014708  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 0308433

## 【書類名】 特許請求の範囲

## 【請求項 1】

N 本 (N は 2 以上の整数) の光ファイバが縦続接続され、これら N 本の光ファイバのうち第 n の光ファイバの長さを  $L_n$  [km] とし、帯域幅 30 nm 以上の波長域の中の所定の波長において、この第 n の光ファイバの分散値を  $D_n$  [ps/nm/km] とし、この第 n の光ファイバの四次分散値を  $C_n$  [ps/nm<sup>3</sup>/km] としたときに、

## 【数 1】

$$RDC = \frac{\sum_{n=1}^N C_n L_n}{\sum_{n=1}^N D_n L_n} \quad \dots (1)$$

なる式で表される RDC 値の絶対値が  $10^{-4}$  /nm<sup>2</sup> 以下であることを特徴とする分散補償器。

## 【請求項 2】

前記 RDC 値の絶対値が  $10^{-5}$  /nm<sup>2</sup> 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の分散補償器。

## 【請求項 3】

前記 N 本の光ファイバとして、四次分散値が正であるものと、四次分散値が負であるものとを含む、ことを特徴とする請求項 1 記載の分散補償器。

## 【請求項 4】

RDS 値が 0.0032 /nm 以上 0.0038 /nm 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の分散補償器。

## 【請求項 5】

RDS 値が 0.0068 /nm 以上 0.0082 /nm 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の分散補償器。

## 【請求項 6】

RDS 値が 0.009 /nm 以上 0.011 /nm 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の分散補償器。

## 【請求項 7】

挿入損失  $\alpha$  [dB] が「 $-0.005 \times (\text{総波長分散[ps/nm]}) + 1.1$ 」以下であることを特徴とする請求項 1 記載の分散補償器。

## 【請求項 8】

信号光を伝送する伝送用光ファイバと、この伝送用光ファイバの波長分散を補償する請求項 4 記載の分散補償器と、を備え、

前記伝送用光ファイバおよび前記分散補償器それぞれの RDS 値の差が 0.0003 /nm 以下である、

ことを特徴とする光伝送路。

## 【請求項 9】

前記波長域の中の全ての波長において全体の波長分散の絶対値が 0.01 ps/nm/km 以下であることを特徴とする請求項 8 記載の光伝送路。

## 【請求項 10】

信号光を伝送する伝送用光ファイバと、この伝送用光ファイバの波長分散を補償する請求項 5 記載の分散補償器と、を備え、

前記伝送用光ファイバおよび前記分散補償器それぞれの RDS 値の差が 0.0007 /nm 以下である、

ことを特徴とする光伝送路。

## 【請求項 11】

前記波長域の中の全ての波長において全体の波長分散の絶対値が 0.05 ps/nm/km

k m以下であることを特徴とする請求項 1 0 記載の光伝送路。

【請求項 1 2】

信号光を伝送する伝送用光ファイバと、この伝送用光ファイバの波長分散を補償する請求項 6 記載の分散補償器と、を備え、

前記伝送用光ファイバおよび前記分散補償器それぞれの R D S 値の差が  $0.001/n$  m以下である、

ことを特徴とする光伝送路。

【請求項 1 3】

前記波長域の中の全ての波長において全体の波長分散の絶対値が  $0.02 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 2 記載の光伝送路。

【請求項 1 4】

帯域幅が 3 0 nm以上の波長帯の中のいずれかの所定波長において R D S 値が  $0.0032/\text{nm}$ 以上  $0.0038/\text{nm}$ 以下である伝送用光ファイバと、この伝送用光ファイバの波長分散を補償する分散補償器と、を備え、

前記所定波長において前記伝送用光ファイバおよび前記分散補償器それぞれの R D S 値の差が  $0.0003/\text{nm}$ 以下であり、

前記波長帯において全体の波長分散の絶対値が  $0.01 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下である、  
ことを特徴とする光伝送路。

【請求項 1 5】

帯域幅が 3 0 nm以上の波長帯の中のいずれかの所定波長において R D S 値が  $0.0068/\text{nm}$ 以上  $0.0082/\text{nm}$ 以下である伝送用光ファイバと、この伝送用光ファイバの波長分散を補償する分散補償器と、を備え、

前記所定波長において前記伝送用光ファイバおよび前記分散補償器それぞれの R D S 値の差が  $0.0007/\text{nm}$ 以下であり、

前記波長帯において全体の波長分散の絶対値が  $0.05 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下である、  
ことを特徴とする光伝送路。

【請求項 1 6】

帯域幅が 3 0 nm以上の波長帯の中のいずれかの所定波長において R D S 値が  $0.009/\text{nm}$ 以上  $0.011/\text{nm}$ 以下である伝送用光ファイバと、この伝送用光ファイバの波長分散を補償する分散補償器と、を備え、

前記所定波長において前記伝送用光ファイバおよび前記分散補償器それぞれの R D S 値の差が  $0.001/\text{nm}$ 以下であり、

前記波長帯において全体の波長分散の絶対値が  $0.019 \text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下である、

ことを特徴とする光伝送路。

【請求項 1 7】

前記波長帯が 1 5 3 5 nm～1 5 6 5 nmの波長帯を含むことを特徴とする請求項 1 4～1 6 のいずれか 1 項に記載の光伝送路。

【請求項 1 8】

請求項 8～1 7 のいずれか 1 項に記載の光伝送路により多波長の信号光を伝送することを特徴とする光通信システム。

## 【書類名】 明細書

【発明の名称】 分散補償器、光伝送路および光通信システム

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、伝送用光ファイバの波長分散を補償する分散補償器、これら伝送用光ファイバおよび分散補償器を含む光伝送路、ならびに、この光伝送路により信号光を伝送する光通信システムに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

波長分割多重（WDM: Wavelength Division Multiplexing）光通信システムは、多波長の信号光を多重化して光伝送路により伝送するものであり、大容量の情報を高速に送受信することができる。このようなWDM光通信システムにおいて高品質の信号光伝送を行うためには、光送信器から光受信器へ至るまでの信号光伝送経路の累積波長分散の絶対値が信号光波長帯域の全体に亘って小さいことが要求される。

## 【0003】

ところで、一般に光伝送路として用いられる伝送用光ファイバは波長分散を有していることから、この伝送用光ファイバの波長分散を補償する分散補償器が信号光伝送経路中に挿入される。すなわち、一般の伝送用光ファイバの波長分散は正であるから、負の波長分散を有する分散補償器が用いられ、また、この分散補償器として分散補償光ファイバが用いられ得る。さらに、広い波長域で分散補償するために、波長分散を補償するだけでなく、分散スロープをも補償することが為されている。そして、伝送用光ファイバおよび分散補償器（分散補償光ファイバ）を含む光伝送路の全体として、信号光波長帯域の全体に亘る累積波長分散の絶対値の低減が図られている（例えば特許文献1を参照）。

【特許文献1】 米国特許第6,393,188号明細書

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

しかしながら、信号光波長帯域内の或る1波長で波長分散および分散スロープの双方を完全に補償することができたとしても、他の波長（例えば信号光波長帯域の両端の波長）では光伝送路の全体の累積波長分散の絶対値の低減は充分ではない。

## 【0005】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、広い波長域に亘って伝送用光ファイバの波長分散を十分に補償することができる分散補償器、広い波長域に亘って累積波長分散の絶対値が十分に低減され得る光伝送路、および、より高品質の多波長信号光伝送をすることができる光通信システムを提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

本発明に係る分散補償器は、N本（Nは2以上の整数）の光ファイバが縦続接続され、これらN本の光ファイバのうち第nの光ファイバの長さを $L_n$  [km]とし、帯域幅30nm以上の波長域の中の所定の波長において、この第nの光ファイバの分散値を $D_n$  [ps/nm/km]とし、この第nの光ファイバの四次分散値を $C_n$  [ps/nm<sup>3</sup>/km]としたときに、下記の(1)式で表されるRDC値の絶対値が $10^{-4}$ /nm<sup>2</sup>以下であることを特徴とする。また、より好適には、RDC値の絶対値が $10^{-5}$ /nm<sup>2</sup>以下であることを特徴とする。

## 【0007】

【数 1】

$$RDC = \frac{\sum_{n=1}^N C_n L_n}{\sum_{n=1}^N D_n L_n} \quad \cdots (1)$$

このように RDC 値の絶対値が小さい分散補償器は、一般に RDC 値の絶対値が小さい伝送用光ファイバの波長分散を、広い波長域に亘って十分に補償することができる。なお、波長域は、その分散補償器が用いられる光通信システムにおける信号光波長帯域であり、例えば C バンドである。また、上記の要件（および、以降の要件）は、波長域内の少なくとも 1 波長で満たされればよいが、或る波長範囲で満たされるのがより好適である。

【0008】

本発明に係る分散補償器は、N 本の光ファイバとして、四次分散値が正であるものと、四次分散値が負であるものとを含むのが好適であり、この場合には、RDC 値の絶対値を小さくする上で好都合である。

【0009】

本発明に係る分散補償器は、第 1 態様として、RDS 値が  $0.0032 / \text{nm}$  以上  $0.0038 / \text{nm}$  以下であるのが好適であり、この場合には、国際規格である ITU-T G.652 で規定されるシングルモード光ファイバが伝送用光ファイバとして用いられる場合に、この伝送用光ファイバの波長分散を広い波長域に亘って十分に補償することができる。

【0010】

本発明に係る分散補償器は、第 2 態様として、RDS 値が  $0.0068 / \text{nm}$  以上  $0.0082 / \text{nm}$  以下であるのが好適であり、この場合には、ITU-T G.655 で規定されるノンゼロ分散シフト光ファイバのうちでも PureGuide（登録商標）が伝送用光ファイバとして用いられる場合に、この伝送用光ファイバの波長分散を広い波長域に亘って十分に補償することができる。

【0011】

本発明に係る分散補償器は、第 3 態様として、RDS 値が  $0.009 / \text{nm}$  以上  $0.011 / \text{nm}$  以下であるのが好適であり、この場合には、ITU-T G.655 で規定されるノンゼロ分散シフト光ファイバのうちでも TrueWave-RS（登録商標）が伝送用光ファイバとして用いられる場合に、この伝送用光ファイバの波長分散を広い波長域に亘って十分に補償することができる。

【0012】

本発明に係る分散補償器は、挿入損失  $\alpha$  [dB] が「 $-0.005 \times$ （総波長分散[ps/nm]） $+1.1$ 」以下であるのが好適である。

【0013】

第 1 の発明に係る光伝送路は、信号光を伝送する伝送用光ファイバと、この伝送用光ファイバの波長分散を補償する上記の第 1 態様の分散補償器とを備え、伝送用光ファイバおよび分散補償器それぞれの RDS 値の差が  $0.0003 / \text{nm}$  以下であることを特徴とする。そして、波長域の中の全ての波長において全体の波長分散の絶対値が  $0.01 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$  以下であるのが好適である。

【0014】

第 2 の発明に係る光伝送路は、信号光を伝送する伝送用光ファイバと、この伝送用光ファイバの波長分散を補償する上記の第 2 態様の分散補償器とを備え、伝送用光ファイバおよび分散補償器それぞれの RDS 値の差が  $0.0007 / \text{nm}$  以下であることを特徴とする。そして、波長域の中の全ての波長において全体の波長分散の絶対値が  $0.05 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$  以下であるのが好適である。

【0015】

第3の発明に係る光伝送路は、信号光を伝送する伝送用光ファイバと、この伝送用光ファイバの波長分散を補償する上記の第3態様の分散補償器とを備え、伝送用光ファイバおよび分散補償器それぞれのRDS値の差が $0.001/\text{nm}$ 以下であることを特徴とする。そして、波長域の中の全ての波長において全体の波長分散の絶対値が $0.02\text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であるのが好適である。

【0016】

第4の発明に係る光伝送路は、帯域幅が $30\text{ nm}$ 以上の波長帯の中のいずれかの所定波長においてRDS値が $0.0032/\text{nm}$ 以上 $0.0038/\text{nm}$ 以下である伝送用光ファイバと、この伝送用光ファイバの波長分散を補償する分散補償器とを備え、所定波長において伝送用光ファイバおよび分散補償器それぞれのRDS値の差が $0.0003/\text{nm}$ 以下であり、波長帯において全体の波長分散の絶対値が $0.01\text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であることを特徴とする。

【0017】

第5の発明に係る光伝送路は、帯域幅が $30\text{ nm}$ 以上の波長帯の中のいずれかの所定波長においてRDS値が $0.0068/\text{nm}$ 以上 $0.0082/\text{nm}$ 以下である伝送用光ファイバと、この伝送用光ファイバの波長分散を補償する分散補償器とを備え、所定波長において伝送用光ファイバおよび分散補償器それぞれのRDS値の差が $0.0007/\text{nm}$ 以下であり、波長帯において全体の波長分散の絶対値が $0.05\text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であることを特徴とする。

【0018】

第6の発明に係る光伝送路は、帯域幅が $30\text{ nm}$ 以上の波長帯の中のいずれかの所定波長においてRDS値が $0.009/\text{nm}$ 以上 $0.011/\text{nm}$ 以下である伝送用光ファイバと、この伝送用光ファイバの波長分散を補償する分散補償器とを備え、所定波長において伝送用光ファイバおよび分散補償器それぞれのRDS値の差が $0.001/\text{nm}$ 以下であり、波長帯において全体の波長分散の絶対値が $0.019\text{ ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であることを特徴とする。

【0019】

上記第4～第6の発明に係る光伝送路は、波長帯が $1535\text{ nm} \sim 1565\text{ nm}$ の波長帯を含むのが好適である。

【0020】

上記第1～第6の発明に係る光伝送路は、いずれも、広い波長域に亘って全体の波長分散の絶対値が十分に低減され得る。なお、上記第1および第4の発明に係る光伝送路は、ITU-T G.652で規定されるシングルモード光ファイバを伝送用光ファイバとして含むものである。上記第2および第5の発明に係る光伝送路は、ITU-T G.655で規定されるノンゼロ分散シフト光ファイバのうちでもPureGuide（登録商標）を伝送用光ファイバとして含むものである。また、上記第3および第6の発明に係る光伝送路は、ITU-T G.655で規定されるノンゼロ分散シフト光ファイバのうちでもTrueWave-RS（登録商標）を伝送用光ファイバとして含むものである。

【0021】

本発明に係る光通信システムは、上記の第1～第6の発明に係る光伝送路のいずれかにより多波長の信号光を伝送することを特徴とする。この光通信システムは、広い波長域に亘って波長分散の絶対値が十分に小さい上記の光伝送路により信号光を伝送するものであるから、多波長の信号光を高品質に伝送することができる。

【発明の効果】

【0022】

本発明に係る分散補償器は、広い波長域に亘って伝送用光ファイバの波長分散を十分に補償することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、添付図面を参照して、本発明を実施するための最良の形態を詳細に説明する。な

お、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、以下では、信号光波長帯域としてCバンド(1530nm～1565nm)を想定して実施形態を説明するが、本発明はCバンドに限られるものではない。

#### 【0024】

図1は、本実施形態に係る光通信システム1の構成図である。この図に示される光通信システム1は、分散補償器10および伝送用光ファイバ20を含む光伝送路2、光送信器30ならびに光受信器40を備える。伝送用光ファイバ20は、光送信器30と光受信器40との間に敷設されている。分散補償器10は、光送信器30と光受信器40との間に敷設されていてもよいし、モジュール化されて或る位置に設けられていてもよい。この光通信システム1では、光送信器30から多重化されて送出された多波長の信号光は、光伝送路2により伝送されて光受信器40に到達し、この光受信器40において波長毎に受信される。

#### 【0025】

光送信器30から光受信器40へ至るまでの信号光伝送経路にある光伝送路2は、伝送用光ファイバ20と、その後段にある分散補償器10とを含む。伝送用光ファイバ20は、例えば、国際規格であるITU-T G.652で規定されるシングルモード光ファイバであり、ITU-T G.653で規定される分散シフト光ファイバであり、或いは、ITU-T G.655で規定されるノンゼロ分散シフト光ファイバである。分散補償器10は、伝送用光ファイバ20の波長分散を補償するものであって、N本の光ファイバが縦続接続されたものである。ただし、Nは2以上の整数である。

#### 【0026】

図2は、本実施形態に係る分散補償器10の構成図である。本実施形態に係る分散補償器10は、N本の光ファイバ11<sub>1</sub>～11<sub>N</sub>が縦続接続されてなる。ここで、第nの光ファイバ11<sub>n</sub>の長さをL<sub>n</sub> [km]とし、第nの光ファイバ11<sub>n</sub>の分散値(Dispersion)をD<sub>n</sub> [ps/nm/km]とし、第nの光ファイバ11<sub>n</sub>の分散スロープ(Dispersion Slope)をS<sub>n</sub> [ps/nm<sup>2</sup>/km]とし、第nの光ファイバ11<sub>n</sub>の四次分散値(Dispersion Curvature)をC<sub>n</sub> [ps/nm<sup>3</sup>/km]とする。ただし、nは1以上N以下の各整数である。このとき、各光ファイバ11<sub>n</sub>の波長分散D<sub>n</sub>、分散スロープS<sub>n</sub>および四次分散値C<sub>n</sub>ならびに波長λ [nm]の間には、下記(2)式で表される関係がある。

#### 【0027】

##### 【数2】

$$C_n = \frac{dS_n}{d\lambda} = \frac{d^2D_n}{d\lambda^2} \quad \dots (2)$$

一般に、光ファイバのRDS (Relative Dispersion Slope) 値 [1/nm] は、分散スロープSと波長分散Dとの比 (S/D) で定義され、分散スロープの補償率を表す指標として用いられる。また、一般に、光ファイバのRDC (Relative Dispersion Curvature) 値 [1/nm<sup>2</sup>] は、四次分散値Cと波長分散Dとの比 (C/D) で定義され、四次分散の補償率を表す指標として用いられる。

#### 【0028】

伝送用光ファイバとして一般に敷設されて用いられる光ファイバの四次分散値Cは信号光波長帯域において非常に小さいのに対して、従来の分散補償光ファイバの単体としての四次分散値Cは絶対値が大きい負の数である。このことから、従来の分散補償器は、信号光波長帯域内の或る1波長で伝送用光ファイバの波長分散および分散スロープの双方を完全に補償することができたとしても、他の波長(例えば信号光波長帯域の両端の波長)では補償が不充分である。

#### 【0029】

そこで、本実施形態に係る分散補償器10はN本の光ファイバが縦続接続された構成とされ、下記(3)式で表される分散補償器10の全体のRDC値の絶対値は10<sup>-4</sup>/nm



<sup>2</sup> 以下とされている。また、より好適には、分散補償器 10 の全体の RDC 値の絶対値は  $10^{-5} / \text{nm}^2$  以下とされている。

【0030】

【数 3】

$$RDC = \frac{\sum_{n=1}^N C_n L_n}{\sum_{n=1}^N D_n L_n} \quad \dots (3)$$

N本の光ファイバ 11<sub>1</sub> ~ 11<sub>N</sub> のうち、いずれかの光ファイバの四次分散値が正であり、他のいずれかの光ファイバの四次分散値が負であるのが好適であり、このようにすることにより、分散補償器 10 の全体の RDC 値の絶対値は  $10^{-4} / \text{nm}^2$  以下（または  $10^{-5} / \text{nm}^2$  以下）となり得る。

【0031】

また、この分散補償器 10 の全体の RDS 値は下記(4)式で表される。

【0032】

【数 4】

$$RDS = \frac{\sum_{n=1}^N S_n L_n}{\sum_{n=1}^N D_n L_n} \quad \dots (4)$$

分散補償器 10 が伝送用光ファイバ 20 の波長分散および分散スロープの双方を補償するには、分散補償器 10 の RDS 値が伝送用光ファイバ 20 の RDS 値と略等しいことが好ましい。さらに、分散補償器 10 が伝送用光ファイバ 20 の四次分散をも補償するには、分散補償器 10 の RDC 値が伝送用光ファイバ 20 の RDC 値と略等しいことが好ましい。そこで、伝送用光ファイバとして一般に敷設されて用いられる光ファイバの四次分散値 C の絶対値が信号光波長帯域において非常に小さいことに対応して、本実施形態に係る分散補償器 10 の RDC 値の絶対値も小さいことが好ましい。

【0033】

分散補償器 10 の全体の RDS 値が  $0.0032 / \text{nm}$  以上  $0.0038 / \text{nm}$  以下であるのが好適である。この場合、ITU-T G.652 で規定されるシングルモード光ファイバが伝送用光ファイバ 20 として用いられる場合に、この分散補償器 10 は、この伝送用光ファイバ 20 の波長分散を広い信号光波長帯域に亘って十分に補償することができる。また、伝送用光ファイバ 20 および分散補償器 10 それぞれの RDS 値の差が  $0.0003 / \text{nm}$  以下であるのが好適である。さらに、光伝送路 2 の全体の波長分散の絶対値が  $0.01 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$  以下であるのが好適である。

【0034】

分散補償器 10 の全体の RDS 値が  $0.0068 / \text{nm}$  以上  $0.0082 / \text{nm}$  以下であるのが好適である。この場合、ITU-T G.655 で規定されるノンゼロ分散シフト光ファイバのうちでも PureGuide（登録商標）が伝送用光ファイバ 20 として用いられる場合に、この分散補償器 10 は、この伝送用光ファイバ 20 の波長分散を広い信号光波長帯域に亘って十分に補償することができる。また、伝送用光ファイバ 20 および分散補償器 10 それぞれの RDS 値の差が  $0.0007 / \text{nm}$  以下であるのが好適である。さらに、光伝送路 2 の全体の波長分散の絶対値が  $0.05 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$  以下であるのが好適である。

【0035】

分散補償器 10 の全体の RDS 値が  $0.009 / \text{nm}$  以上  $0.011 / \text{nm}$  以下であるの

が好適である。この場合、ITU-T G.655で規定されるノンゼロ分散シフト光ファイバのうちでもTrueWave-RS（登録商標）が伝送用光ファイバ20として用いられる場合に、この分散補償器10は、この伝送用光ファイバ20の波長分散を広い信号光波長帯域に亘って十分に補償することができる。また、伝送用光ファイバ20および分散補償器10それぞれのRDS値の差が $0.001/\text{nm}$ 以下であるのが好適である。さらに、光伝送路2の全体の波長分散の絶対値が $0.02\text{ ps/nm/km}$ 以下であるのが好適である。

【0036】

また、分散補償器10の挿入損失 $\alpha$  [dB] は下記(5)式を満たすのが好ましい。

【0037】

【数5】

$$\alpha \leq -0.005 \times \text{総波長分散} + 1.1 \quad \cdots (5a)$$

$$\text{総波長分散} = \sum_{n=1}^N D_n L_n \quad \cdots (5b)$$

帯域幅が30 nm以上の波長帯の中のいずれかの所定波長において伝送用光ファイバ20のRDS値が $0.0032/\text{nm}$ 以上 $0.0038/\text{nm}$ 以下であり、所定波長において伝送用光ファイバ20および分散補償器10それぞれのRDS値の差が $0.0003/\text{nm}$ 以下であり、上記波長帯において光伝送路2の全体の波長分散の絶対値が $0.01\text{ ps/nm/km}$ 以下であるのが好適である。なお、上記波長帯は1535 nm～1565 nmの波長帯を含むのが好適であり、上記の特性を有する伝送用光ファイバ20として、ITU-T G.652で規定されるシングルモード光ファイバが挙げられる。

【0038】

帯域幅が30 nm以上の波長帯の中のいずれかの所定波長において伝送用光ファイバ20のRDS値が $0.0068/\text{nm}$ 以上 $0.0082/\text{nm}$ 以下であり、上記所定波長において伝送用光ファイバ20および分散補償器10それぞれのRDS値の差が $0.0007/\text{nm}$ 以下であり、上記波長帯において光伝送路2の全体の波長分散の絶対値が $0.05\text{ ps/nm/km}$ 以下であるのが好適である。なお、上記波長帯は1535 nm～1565 nmの波長帯を含むのが好適であり、上記の特性を有する伝送用光ファイバ20として、ITU-T G.655で規定されるノンゼロ分散シフト光ファイバのうちでもPur eGuide（登録商標）が挙げられる。

【0039】

帯域幅が30 nm以上の波長帯の中のいずれかの所定波長において伝送用光ファイバ20のRDS値が $0.009/\text{nm}$ 以上 $0.011/\text{nm}$ 以下であり、上記所定波長において伝送用光ファイバ20および分散補償器10それぞれのRDS値の差が $0.001/\text{nm}$ 以下であり、上記波長帯において光伝送路2の全体の波長分散の絶対値が $0.019\text{ ps/nm/km}$ 以下であるのが好適である。なお、上記波長帯は1535 nm～1565 nmの波長帯を含むのが好適であり、上記の特性を有する伝送用光ファイバ20として、ITU-T G.655で規定されるノンゼロ分散シフト光ファイバのうちでもTrueWave-RS（登録商標）が挙げられる。

【0040】

以下では、Nが値2である場合、すなわち、分散補償器10が2本の光ファイバ11<sub>1</sub>、11<sub>2</sub>からなる場合について説明する。

【0041】

第1の光ファイバ11<sub>1</sub>のRDS<sub>1</sub>値およびRDC<sub>1</sub>値は下記(6)式で表される。また、第2の光ファイバ11<sub>2</sub>のRDS<sub>2</sub>値およびRDC<sub>2</sub>値は下記(7)式で表される。

【0042】

【数 6】

$$RDS_1 = \frac{S_1}{D_1} \quad \dots (6a)$$

$$RDC_1 = \frac{C_1}{D_1} \quad \dots (6b)$$

【0043】

【数 7】

$$RDS_2 = \frac{S_2}{D_2} \quad \dots (7a)$$

$$RDC_2 = \frac{C_2}{D_2} \quad \dots (7b)$$

分散補償器 10 の  $RDS_0$  値および  $RDC_0$  値は下記(8)式で表される。また、分散補償器 10 の  $RDC_0$  値は、第 1 の光ファイバ 11<sub>1</sub> の  $RDS_1$  値および  $RDC_1$  値、第 2 の光ファイバ 11<sub>2</sub> の  $RDS_2$  値および  $RDC_2$  値、ならびに、分散補償器 10 の  $RDS_0$  値を用いて、下記(9)式で表される。

【0044】

【数 8】

$$RDS_0 = \frac{S_1 L_1 + S_2 L_2}{D_1 L_1 + D_2 L_2} \quad \dots (8a)$$

$$RDC_0 = \frac{C_1 L_1 + C_2 L_2}{D_1 L_1 + D_2 L_2} \quad \dots (8b)$$

【0045】

【数 9】

$$RDC_0 = \frac{RDC_1(RDS_0 - RDC_2) - RDC_2(RDS_0 - RDS_1)}{RDS_1 - RDS_2} \quad \dots (9)$$

【実施例】

【0046】

次に、本実施形態に係る光伝送路 2 および分散補償器 10 それぞれの実施例について説明する。以下の各実施例では、分散補償器が 2 本の光ファイバからなるとする。

【0047】

図 3 は、実施例の分散補償器を構成し得る光ファイバ F 2 ～ F 13、および、伝送用光ファイバとして用いられ得る光ファイバ F 14 ～ F 16、それぞれの諸元を纏めた図表である。

【0048】

光ファイバ F 2 ～ F 7, F 9 ～ F 13 それぞれは、図 4 に示されたような屈折率プロファイルを有している。この屈折率プロファイルは、3 重クラッド型のもので、中心から順に、コア領域（最大屈折率  $n_1$ 、外径  $2a$ ）、第 1 クラッド領域（屈折率  $n_2$ 、外径  $2b$ ）、第 2 クラッド領域（屈折率  $n_3$ 、外径  $2c$ ）および最外層クラッド領域（屈折率  $n_0$ ）を有している。

## 【0049】

光ファイバF8は、図5に示されたような屈折率プロファイルを有している。この屈折率プロファイルは、4重クラッド型のもので、中心から順に、コア領域（最大屈折率 $n_1$ 、外径 $2a$ ）、第1クラッド領域（屈折率 $n_2$ 、外径 $2b$ ）、第2クラッド領域（屈折率 $n_3$ 、外径 $2c$ ）、第3クラッド領域（屈折率 $n_4$ 、外径 $2d$ ）および最外層クラッド領域（屈折率 $n_0$ ）を有している。

## 【0050】

図4および図5それぞれに示された屈折率プロファイルにおいて、最外層クラッド領域の屈折率を基準として、コア領域の比屈折率差を $\Delta n_1$ とし、第1クラッド領域の比屈折率差を $\Delta n_2$ とし、第2クラッド領域の比屈折率差を $\Delta n_3$ とし、第3クラッド領域の比屈折率差を $\Delta n_4$ とする。

## 【0051】

図3には、各光ファイバについて、コア領域の比屈折率差 $\Delta n_1$ 、第1クラッド領域の比屈折率差 $\Delta n_2$ 、第2クラッド領域の比屈折率差 $\Delta n_3$ 、第3クラッド領域の比屈折率差 $\Delta n_4$ 、コア領域の外径 $2a$ 、第1クラッド領域の外径 $2b$ 、第2クラッド領域の外径 $2c$ 、および、第3クラッド領域の外径 $2d$ が示されている。続いて、波長 $1550\text{ nm}$ における波長分散 $D$ 、分散スロープ $S$ 、四次分散値 $C$ 、 $RDS$ 値および $RDC$ 値が示されている。更に続いて、実効カットオフ波長、ならびに、波長 $1550\text{ nm}$ における曲げ径 $40\text{ mm } \phi$ および曲げ径 $60\text{ mm } \phi$ それぞれでの曲げ損失が示されている。

## 【0052】

図3に示されるように、光ファイバF2～F5、F9～F11それぞれの四次分散値 $C$ は正であり、光ファイバF6～F8、F12、F13それぞれの四次分散値 $C$ は負である。伝送用光ファイバF14は、ITU-T G.652で規定されるシングルモード光ファイバに相当する。伝送用光ファイバF15は、ITU-T G.655で規定されるノンゼロ分散シフト光ファイバのうちでもPureGuide（登録商標）に相当する。また、伝送用光ファイバF16は、ITU-T G.655で規定されるノンゼロ分散シフト光ファイバのうちでもTrueWave-RS（登録商標）に相当する。

## 【0053】

図6は、実施例の分散補償器M9～M12それぞれの諸元を纏めた図表である。この図には、各分散補償器について、構成する光ファイバの種類（図3中に示されたもの）、長さ、ガラス径および被覆径が示されている。続いて、波長 $1550\text{ nm}$ における分散補償器の全体の総波長分散、総分散スロープ、総四次分散値、 $RDS$ 、 $RDC$ 、挿入損失、偏波モード分散（PMD）および非線形位相シフト量が示されている。更に続いて、各光ファイバの収納形態およびコイル径が示されている。

## 【0054】

なお、非線形位相シフト量 $\phi$ は下記(10)式で表される。ここで、 $\lambda$ は波長 $[\text{nm}]$ であり、 $n_2$ は非線形屈折率 $[\text{m}^2/\text{W}]$ であり、 $A_{\text{eff}}$ は実効コア断面積 $[\mu\text{m}^2]$ であり、 $L$ は長さ $[\text{km}]$ であり、 $\alpha$ は伝送損失 $[\text{1}/\text{km}]$ であり、 $P_0$ は入力光パワー $[\text{W}]$ である。入力光パワー $P_0$ は、分散補償器からの出力光のパワーが $-28\text{ dBm}$ となるように決定された。

## 【0055】

## 【数10】

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{n_2}{A_{\text{eff}}} L_{\text{eff}} P_0 \quad \dots (10a)$$

$$L_{\text{eff}} = \frac{1 - \exp(-\alpha L)}{\alpha} \quad \dots (10b)$$

実施例の分散補償器M9～M12それぞれは、構成する各光ファイバがコイル状に巻か

れて樹脂保持され、サイズ 220 mm×230 mm×40 mm の筐体の中に収納された。

#### 【0056】

この図に示されるように、波長 1550 nm において、実施例の分散補償器 M9～M11 それぞれの RDC 値の絶対値は  $10^{-5} / \text{nm}^2$  以下であり、実施例の分散補償器 M12 の RDC 値の絶対値は  $10^{-4} / \text{nm}^2$  以下である。

#### 【0057】

図 7 は、実施例の分散補償器 M9、これを構成する 2 本の光ファイバ F2, F6、それぞれの波長分散特性を示す図である。図 8 は、実施例の分散補償器 M9 および長さ 100 km の伝送用光ファイバ F14 を含む実施例の光伝送路の全体の波長分散特性を示す図である。波長 1550 nm において、分散補償器 M9 の RDS 値は  $0.0035 / \text{nm}$  であり、伝送用光ファイバ F14 の RDS 値は  $0.0035 / \text{nm}$  であり、これらの差は略 0 である。

#### 【0058】

図 9 は、実施例の分散補償器 M10、これを構成する 2 本の光ファイバ F4, F7、それぞれの波長分散特性を示す図である。図 10 は、実施例の分散補償器 M10 および長さ 80 km の伝送用光ファイバ F14 を含む実施例の光伝送路の全体の波長分散特性を示す図である。波長 1550 nm において、分散補償器 M10 の RDS 値は  $0.0035 / \text{nm}$  であり、伝送用光ファイバ F14 の RDS 値は  $0.0035 / \text{nm}$  であり、これらの差は略 0 である。

#### 【0059】

図 11 は、実施例の分散補償器 M11, M12、これらを構成する 2 本の光ファイバ F5, F8、それぞれの波長分散特性を示す図である。図 12 は、実施例の分散補償器 M11 および長さ 100 km の伝送用光ファイバ F15 を含む実施例の光伝送路の全体の波長分散特性を示す図である。図 13 は、実施例の分散補償器 M12 および長さ 100 km の伝送用光ファイバ F16 を含む実施例の光伝送路の全体の波長分散特性を示す図である。波長 1550 nm において、分散補償器 M11 の RDS 値は  $0.0075 / \text{nm}$  であり、伝送用光ファイバ F15 の RDS 値は  $0.0075 / \text{nm}$  であり、これらの差は略 0 である。波長 1550 nm において、分散補償器 M12 の RDS 値は  $0.0100 / \text{nm}$  であり、伝送用光ファイバ F16 の RDS 値は  $0.0098 / \text{nm}$  であり、これらの差は  $0.0002 / \text{nm}$  である。

#### 【0060】

図 7, 図 9 および図 11 それぞれを見て判るとおり、実施例の分散補償器 M9～M12 それぞれは、C バンドにおいて、波長分散が波長に対して殆ど線形関係にあり、四次分散値の絶対値が非常に小さい。また、図 8, 図 10, 図 12 および図 13 それぞれを見て判るとおり、各実施例の光伝送路は、C バンドにおいて波長分散の絶対値が  $0.02 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$  以下と非常に小さい。

#### 【0061】

特に、図 8 に示される実施例の光伝送路は、C バンドにおいて波長分散の絶対値が  $0.009 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$  以下である。図 10 に示される実施例の光伝送路は、C バンドにおいて波長分散の絶対値が  $0.006 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$  以下である。また、図 12 に示される実施例の光伝送路は、C バンドにおいて波長分散の絶対値が  $0.005 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$  以下である。

#### 【0062】

図 14 は、他の実施例の分散補償器および光伝送路の諸元を纏めた図表である。この図には、分散補償器を構成する第一光ファイバおよび第二光ファイバそれぞれの種類、RDS 値および RDC 値、分散補償器の RDS 値および RDC 値、伝送用光ファイバの種類、ならびに、光伝送路の残留分散が示されている。光伝送路の残留分散は、C バンドにおける波長分散の絶対値の最大値である。また、この図には、既に図 6～図 13 に示されたものについても示されている。

#### 【0063】

この図に示されるように、各実施例の分散補償器は、波長 1550 nm において RDC 値の絶対値が  $10^{-4} / \text{nm}^2$  以下である。特に、分散補償器 M9～M11, M13, M14 それぞれは、波長 1550 nm において RDC 値の絶対値が  $10^{-5} / \text{nm}^2$  以下である。その中でも、光ファイバ F9, F12 から構成される分散補償器 M14 は、波長 1550 nm において RDC 値の絶対値が  $10^{-6} / \text{nm}^2$  以下である。

【0064】

また、各実施例の光伝送路は、Cバンドにおいて波長分散の絶対値が  $0.05 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$  以下である。特に、分散補償器 M9 および伝送用光ファイバ F14 からなる光伝送路、分散補償器 M10 および伝送用光ファイバ F14 からなる光伝送路、分散補償器 M11 および伝送用光ファイバ F14 からなる光伝送路、分散補償器 M13 および伝送用光ファイバ F14 からなる光伝送路、ならびに、分散補償器 M14 および伝送用光ファイバ F15 からなる光伝送路、それぞれは、Cバンドにおいて波長分散の絶対値が  $0.01 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$  以下であって非常に小さい。

【0065】

図15は、実施例の分散補償器の挿入損失  $\alpha$  と総波長分散との関係を示すグラフである。図16は、実施例の分散補償器の非線形位相シフト量  $\phi$  と総波長分散との関係を示すグラフである。図17は、実施例の分散補償器の偏波モード分散 (PMD: Polarization Mode Dispersion) と総波長分散との関係を示すグラフである。また、図18は、実施例の分散補償器の  $\gamma_{\text{Leff}}$  と総波長分散との関係を示すグラフである。ここで、 $\gamma$  は非線形係数である。

【0066】

図15～図18には、実施例 A～C および比較例 a～c それぞれについて示されている。実施例 A の分散補償器は、ITU-T G.652 で規定されるシングルモード光ファイバが伝送用光ファイバとして用いられる場合に好適に用いられるものである。実施例 B の分散補償器は、ITU-T G.655 で規定されるノンゼロ分散シフト光ファイバのうちでも PureGuide (登録商標) が伝送用光ファイバとして用いられる場合に好適に用いられるものである。また、実施例 C の分散補償器は、ITU-T G.655 で規定されるノンゼロ分散シフト光ファイバのうちでも TrueWave-RS (登録商標) が伝送用光ファイバとして用いられる場合に好適に用いられるものである。

【0067】

図15中に示された直線は、前述した(5)式で表される範囲の境界を示している。実施例 A～C それぞれの分散補償器は上記(5)式の条件を満足している。また、図15～図18 それぞれを見て判るように、実施例 A～C それぞれの分散補償器は、挿入損失、非線形位相シフト量、偏波モード分散および非線型性に関して、何ら問題はない。

【図面の簡単な説明】

【0068】

【図1】 本実施形態に係る光通信システム1の構成図である。

【図2】 本実施形態に係る分散補償器10の構成図である。

【図3】 実施例の分散補償器を構成し得る光ファイバ F2～F13、および、伝送用光ファイバとして用いられ得る光ファイバ F14～F16、それぞれの諸元を纏めた図表である。

【図4】 実施例の分散補償器を構成し得る光ファイバの屈折率プロファイルを示す図である。

【図5】 実施例の分散補償器を構成し得る光ファイバの屈折率プロファイルを示す図である。

【図6】 実施例の分散補償器 M9～M12 それぞれの諸元を纏めた図表である。

【図7】 実施例の分散補償器 M9、これを構成する2本の光ファイバ F2, F6、それぞれの波長分散特性を示す図である。

【図8】 実施例の分散補償器 M9 および長さ 100 km の伝送用光ファイバ F14 を含む実施例の光伝送路の全体の波長分散特性を示す図である。

【図 9】実施例の分散補償器 M 1 0、これを構成する 2 本の光ファイバ F 4、F 7、それぞれの波長分散特性を示す図である。

【図 1 0】実施例の分散補償器 M 1 0 および長さ 8 0 k m の伝送用光ファイバ F 1 4 を含む実施例の光伝送路の全体の波長分散特性を示す図である。

【図 1 1】実施例の分散補償器 M 1 1、M 1 2、これらを構成する 2 本の光ファイバ F 5、F 8、それぞれの波長分散特性を示す図である。

【図 1 2】実施例の分散補償器 M 1 1 および長さ 1 0 0 k m の伝送用光ファイバ F 1 5 を含む実施例の光伝送路の全体の波長分散特性を示す図である。

【図 1 3】実施例の分散補償器 M 1 2 および長さ 1 0 0 k m の伝送用光ファイバ F 1 6 を含む実施例の光伝送路の全体の波長分散特性を示す図である。

【図 1 4】他の実施例の分散補償器および光伝送路の諸元を纏めた図表である。

【図 1 5】実施例の分散補償器の挿入損失  $\alpha$  と総波長分散との関係を示すグラフである。

【図 1 6】実施例の分散補償器の非線形位相シフト量  $\phi$  と総波長分散との関係を示すグラフである。

【図 1 7】実施例の分散補償器の偏波モード分散 (PMD: Polarization Mode Dispersion) と総波長分散との関係を示すグラフである。

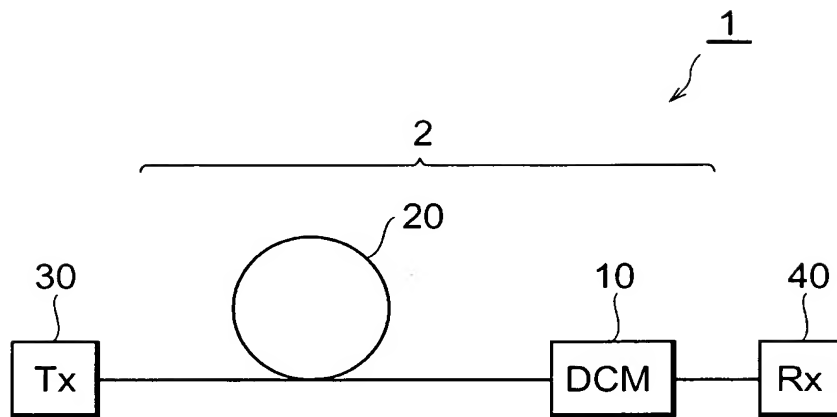
【図 1 8】実施例の分散補償器の  $\gamma_{\text{Leff}}$  と総波長分散との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

【0 0 6 9】

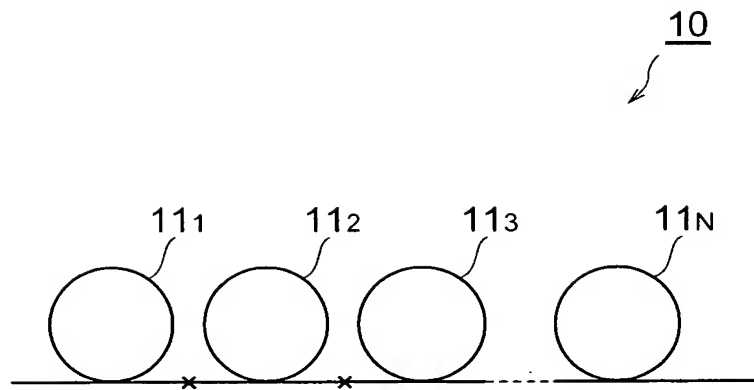
1…光通信システム、2…光伝送路、1 0…分散補償器、1 1<sub>1</sub> ~ 1 1<sub>N</sub>…光ファイバ、2 0…伝送用光ファイバ、3 0…光送信器、4 0…光受信器。

【書類名】 図面  
【図 1】





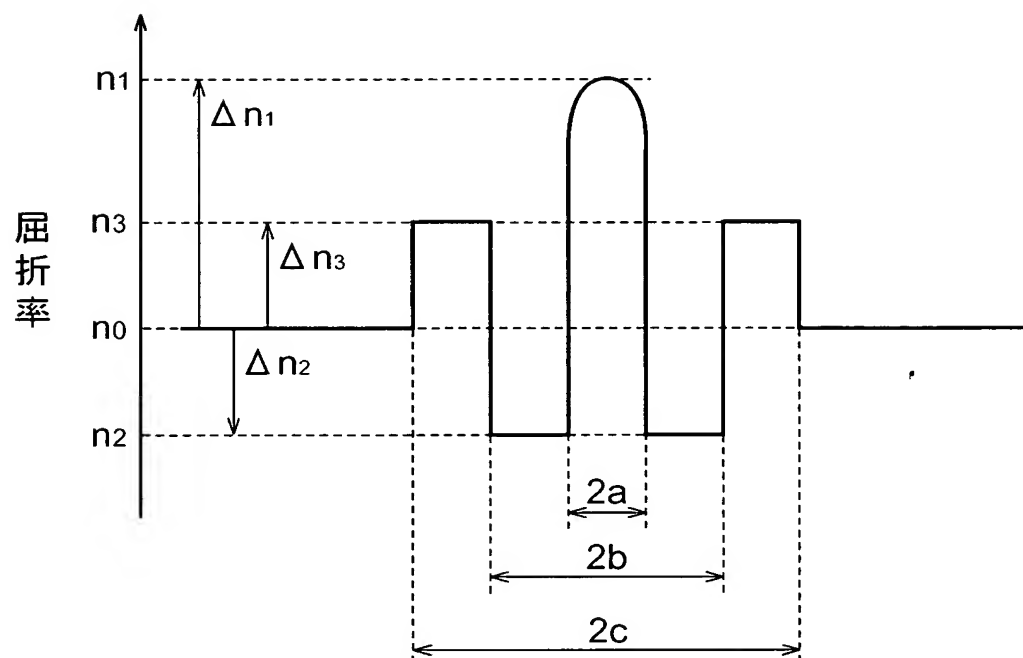
【図 2】



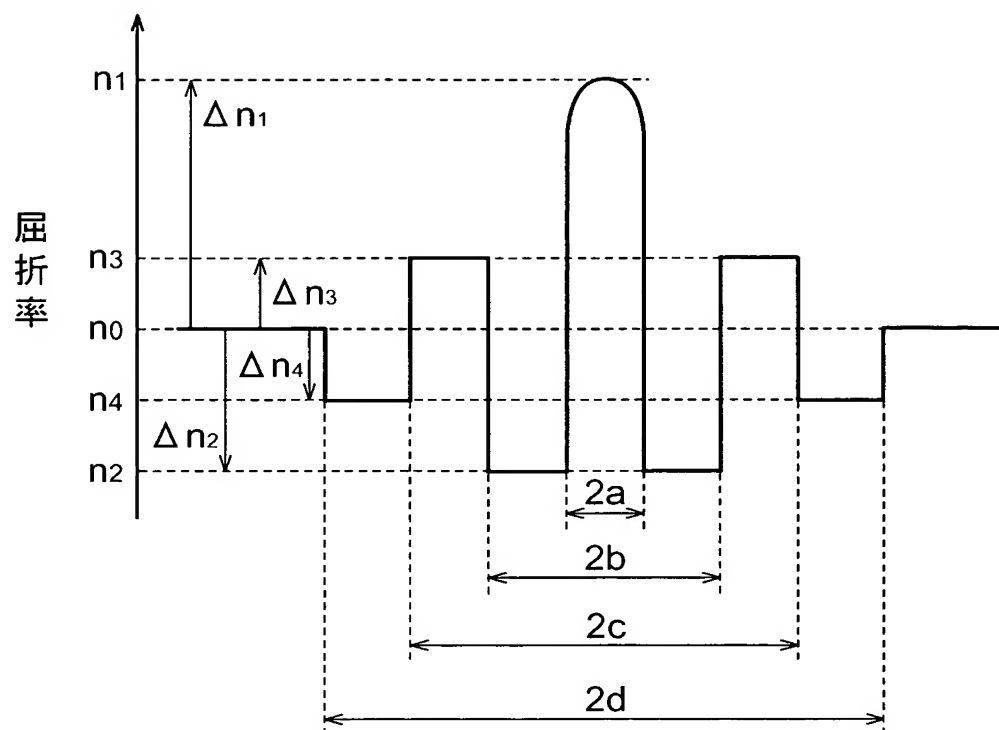
【図 3】

| 分散補償<br>光ファイバ | $\Delta n1$ | $\Delta n2$ | $\Delta n3$ | $\Delta n4$ | 2a   | 2b   | 2c   | 2d   | 1550nm<br>での波長<br>分散<br>[ps/nm/km] | 1550nm<br>での分散<br>スロープ<br>[ps/nm <sup>2</sup> /km] | 四次分散<br>[ps/nm <sup>3</sup> /km] | 1550nm<br>でのRDS<br>[1/nm] | 1550nm<br>でのRDC<br>[1/nm <sup>2</sup> ] | 実効カット<br>オフ波長<br>[ $\mu$ m] | 曲げ径40mm<br>での1550nm<br>での曲げ損失<br>[dB/km] | 曲げ径60mm<br>での1550nm<br>での曲げ損失<br>[dB/km] |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|------|------|------------------------------------|--|----------------------------------|---------------------------|---|-----------------------------|--|--|
| ファイバF2        | 2.8         | -0.74       | 0.32        | -           | 3.2  | 7.7  | 15.4 | -    | -263                               | -0.28  | 0.0129                           | 0.0010                    | -4.90E-05                               | 1.45                        | $\leq 0.05$                              | $\leq 0.01$                              |
| ファイバF4        | 2.7         | -0.76       | 0.31        | -           | 3    | 7.4  | 14.8 | -    | -299                               | -0.31  | 0.0256                           | 0.0010                    | -8.59E-05                               | 1.61                        | $\leq 0.05$                              | $\leq 0.01$                              |
| ファイバF5        | 2.7         | -0.78       | 0.42        | -           | 2.9  | 7.3  | 13.2 | -    | -321                               | -0.94  | 0.0460                           | 0.0029                    | -1.43E-04                               | 1.70                        | $\leq 0.1$                               | $\leq 0.01$                              |
| ファイバF6        | 1.6         | -0.5        | 0.3         | -           | 4.2  | 11.7 | 16   | -    | -82                                | -0.60  | -0.0066                          | 0.0074                    | 8.05E-05                                | 1.40                        | $\leq 0.5$                               | $\leq 0.02$                              |
| ファイバF7        | 1.6         | -0.5        | 0.3         | -           | 4.3  | 10.9 | 15.2 | -    | -71                                | -0.38  | -0.0038                          | 0.0054                    | 5.34E-05                                | 1.40                        | $\leq 0.5$                               | $\leq 0.02$                              |
| ファイバF8        | 1.6         | -0.77       | 0.41        | -0.38       | 1.7  | 5.7  | 9.2  | 11.4 | -184                               | -3.70  | -0.0670                          | 0.0201                    | 3.65E-04                                | 1.62                        | $\leq 2.0$                               | $\leq 0.05$                              |
| ファイバF9        | 2.6         | -0.77       | 0.42        | -           | 2.9  | 7.1  | 13.2 | -    | -329                               | 1.10   | 0.0479                           | -0.0033                   | -1.45E-04                               | 1.72                        | $\leq 0.1$                               | $\leq 0.01$                              |
| ファイバF10       | 2.7         | -0.76       | 0.31        | -           | 2.87 | 6.88 | 14.3 | -    | -329                               | -0.58  | 0.0276                           | 0.0018                    | -8.41E-05                               | 1.58                        | $\leq 0.05$                              | $\leq 0.01$                              |
| ファイバF11       | 2.7         | -0.76       | 0.31        | -           | 2.85 | 6.86 | 14.4 | -    | -338                               | -0.04  | 0.0423                           | 0.0001                    | -1.25E-04                               | 1.58                        | $\leq 0.05$                              | $\leq 0.01$                              |
| ファイバF12       | 1.6         | -0.5        | 0.3         | -           | 4.2  | 11.4 | 16.1 | -    | -76                                | -0.49  | -0.0049                          | 0.0065                    | 6.54E-05                                | 1.40                        | $\leq 0.5$                               | $\leq 0.02$                              |
| ファイバF13       | 2.2         | -0.72       | 0.3         | -           | 3.58 | 10.6 | 17.5 | -    | -166                               | -3.03  | -0.0881                          | 0.0182                    | 5.30E-04                                | 1.57                        | $\leq 5.0$                               | $\leq 0.05$                              |
| 伝送用<br>ファイバ   |             |             |             |             |      |      |      |      | 1550nm<br>での波長<br>分散<br>[ps/nm/km] | 1550nm<br>での分散<br>スロープ<br>[ps/nm <sup>2</sup> /km] | 四次分散<br>[ps/nm <sup>3</sup> /km] | 1550nm<br>でのRDS<br>[1/nm] | 1550nm<br>でのRDS<br>[1/nm <sup>2</sup> ] |                             |  |  |
| ファイバF14       |             |             |             |             |      |      |      |      | 17.0                               | 0.059  | -8.94E-05                        | 0.0035                    | -5.27E-06                               |                             |  |  |
| ファイバF15       |             |             |             |             |      |      |      |      | 8.0                                | 0.060  | -2.58E-05                        | 0.0075                    | -3.21E-06                               |                             |  |  |
| ファイバF16       |             |             |             |             |      |      |      |      | 4.5                                | 0.044  | 4.09E-05                         | 0.0098                    | 9.11E-06                                |                             |  |  |

【図 4】



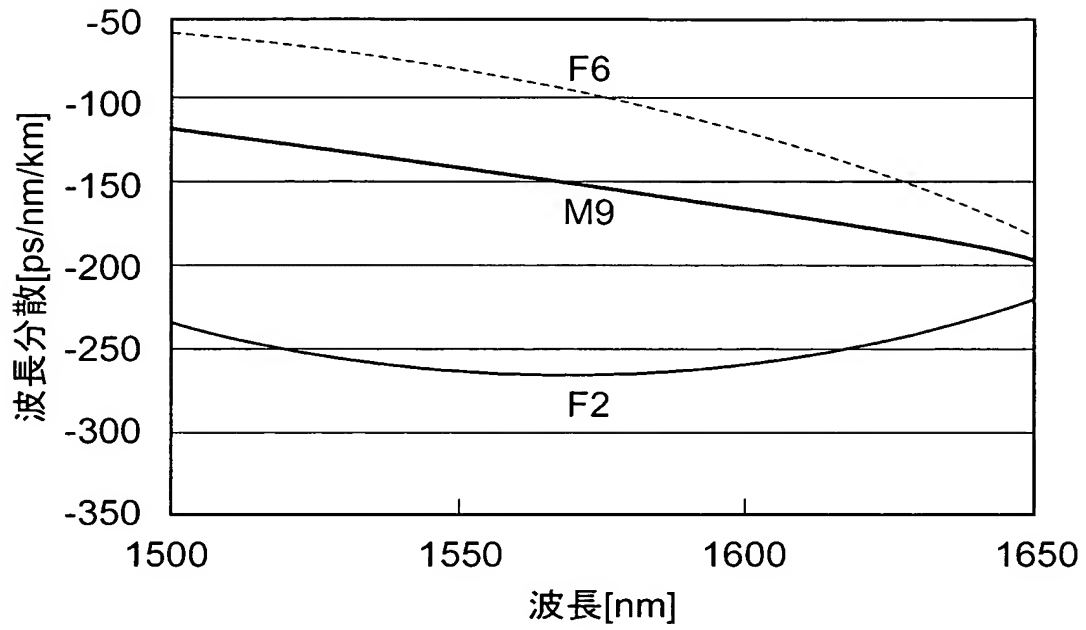
【図 5】



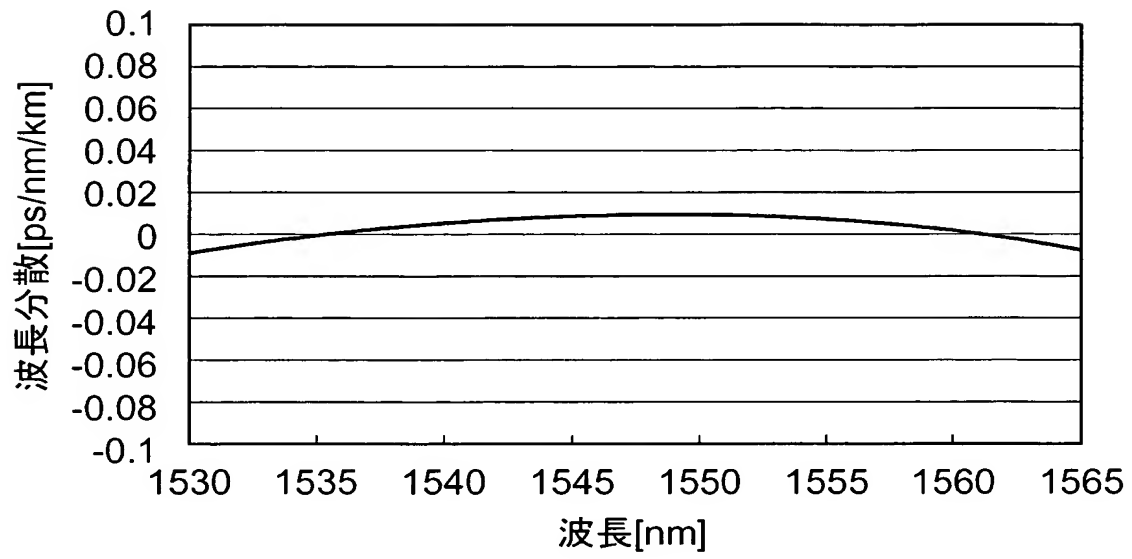
【図 6】

| 分散補償器        | 使用<br>ファイバ | ファイバ長<br>[km] | ガラス径<br>[μm] | 被覆径<br>[μm] | 総波長<br>分散<br>[ps/nm/km] | 総分散<br>スロープ<br>[ps/nm <sup>2</sup> /km] | 総四次<br>分散<br>[ps/nm <sup>3</sup> /km] | RDS<br>[1/nm] | RDC<br>[1/nm <sup>2</sup> ] | 挿入<br>損失<br>[dB] | PMD<br>[ps] | 非線形<br>位相シフト<br>[10 <sup>-4</sup> ] | ファイバ<br>収納形態 | コイル径<br>[mm] |
|--------------|------------|---------------|--------------|-------------|-------------------------|---|---------------------------------------|---------------|-----------------------------|------------------|-------------|-------------------------------------|--------------|--------------|
| 分散補償器<br>M9  | F2         | 3.94          | 125          | 185         |                         |   |                                       |               |                             |                  |             | 3.51                                | 樹脂保持         | 40           |
|              | F6         | 8.03          | 125          | 185         |                         |   |                                       |               |                             |                  |             | 1.81                                | 樹脂保持         | 120          |
|              | F2+F6      |               |              |             | -1694                   | -5.94                                   | -0.0024                               | 0.0035        | 1.42E-06                    | 7.90             | 0.49        | 5.32                                |              |              |
| 分散補償器<br>M10 | F4         | 2.00          | 125          | 185         |                         |   |                                       |               |                             |                  |             | 1.53                                | 樹脂保持         | 40           |
|              | F7         | 10.73         | 125          | 185         |                         |   |                                       |               |                             |                  |             | 2.73                                | 樹脂保持         | 120          |
|              | F4+F7      |               |              |             | -1356                   | -4.69                                   | 0.0107                                | 0.0035        | -7.88E-06                   | 6.95             | 0.43        | 4.26                                |              |              |
| 分散補償器<br>M11 | F5         | 1.84          | 125          | 185         |                         |   |                                       |               |                             |                  |             | 0.68                                | 樹脂保持         | 60           |
|              | F8         | 1.15          | 150          | 195         |                         |   |                                       |               |                             |                  |             | 0.24                                | 樹脂保持         | 160          |
|              | F5+F8      |               |              |             | -802                    | -5.99                                   | 0.0076                                | 0.0075        | -9.48E-06                   | 3.70             | 0.29        | 0.92                                |              |              |
| 分散補償器<br>M12 | F5         | 0.82          | 125          | 185         |                         |   |                                       |               |                             |                  |             | 0.26                                | 樹脂保持         | 60           |
|              | F8         | 0.99          | 150          | 195         |                         |   |                                       |               |                             |                  |             | 0.21                                | 樹脂保持         | 160          |
|              | F5+F8      |               |              |             | -447                    | -4.45                                   | -0.0286                               | 0.0100        | 6.40E-05                    | 2.62             | 0.21        | 0.47                                |              |              |

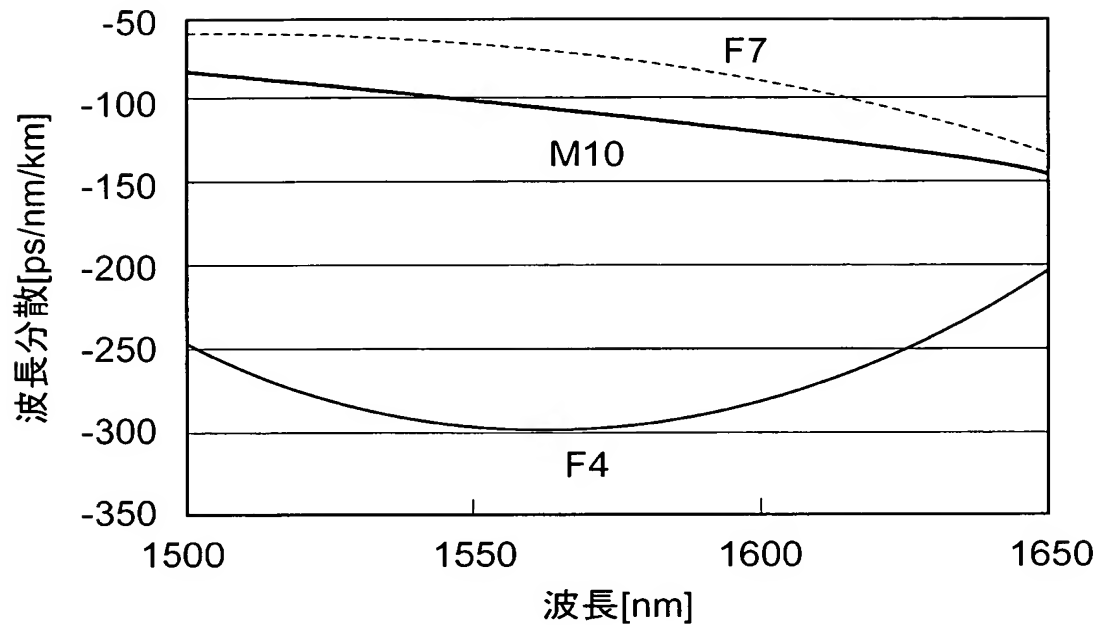
【図 7】



【図 8】

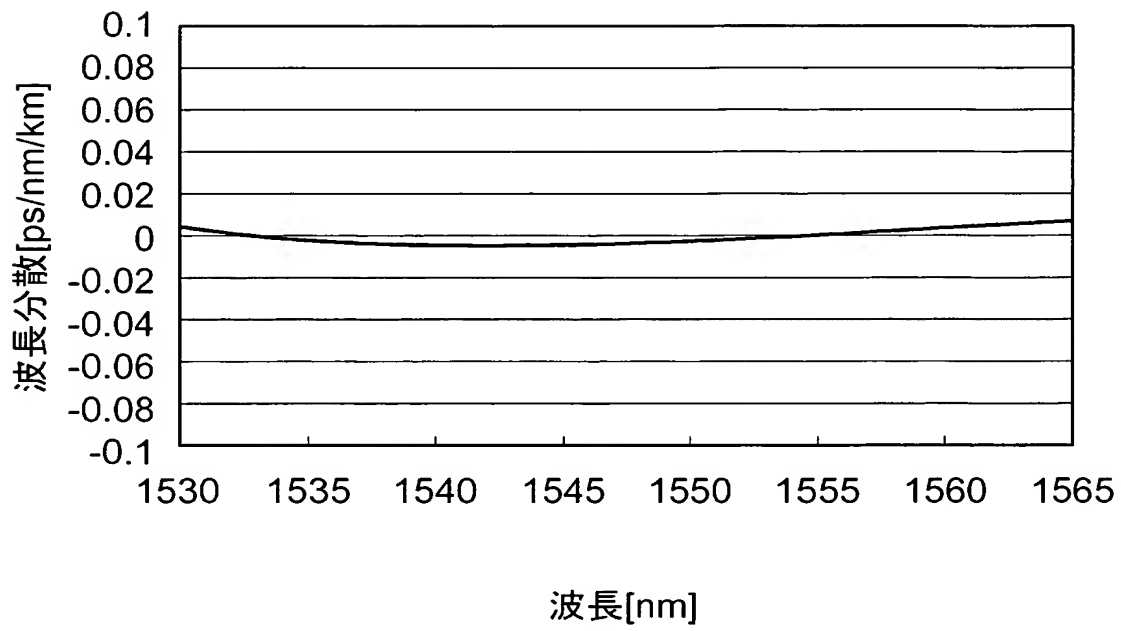


【図 9】

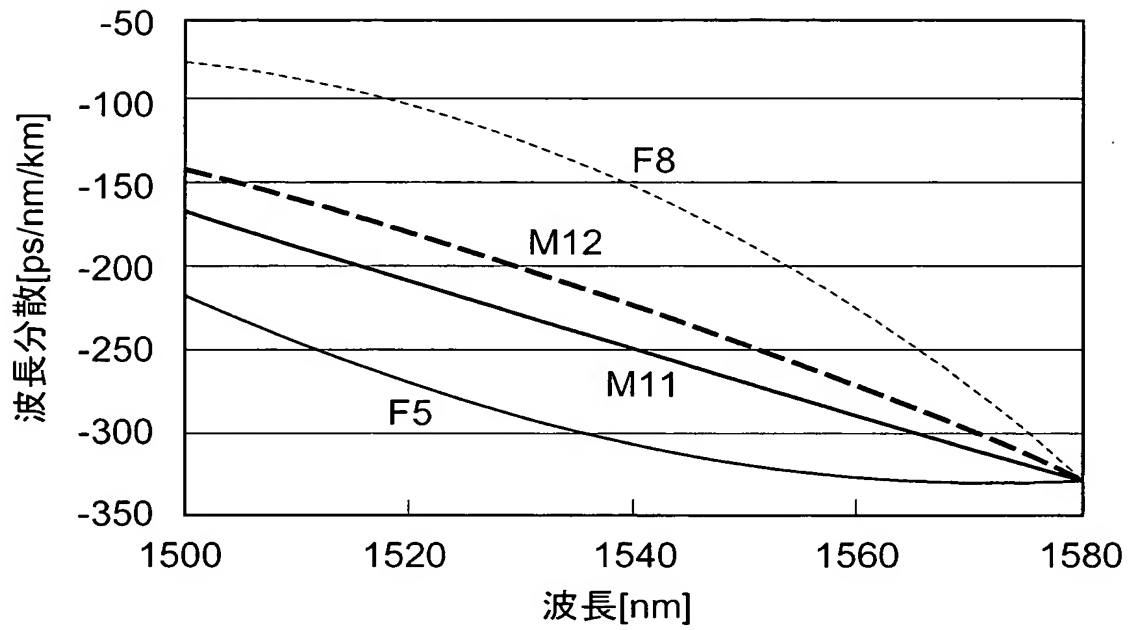




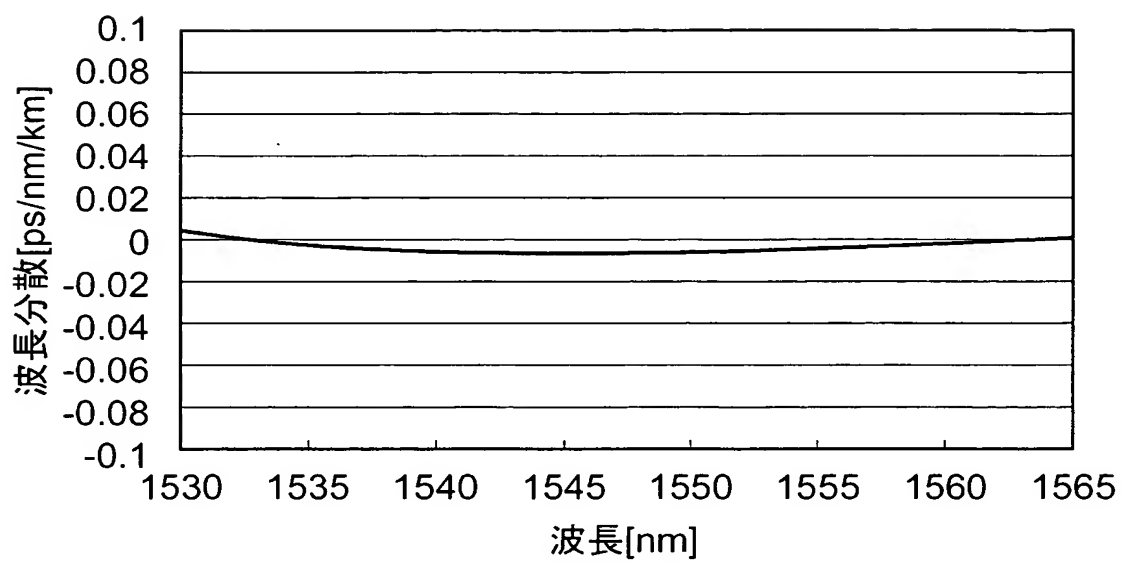
【図 10】



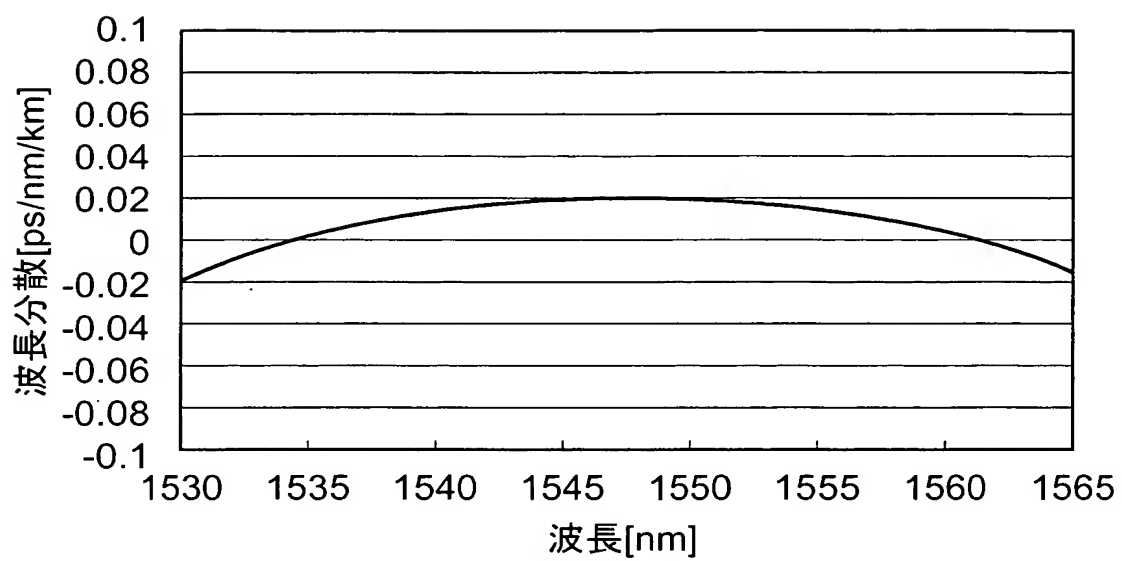
【図 11】



【図 12】



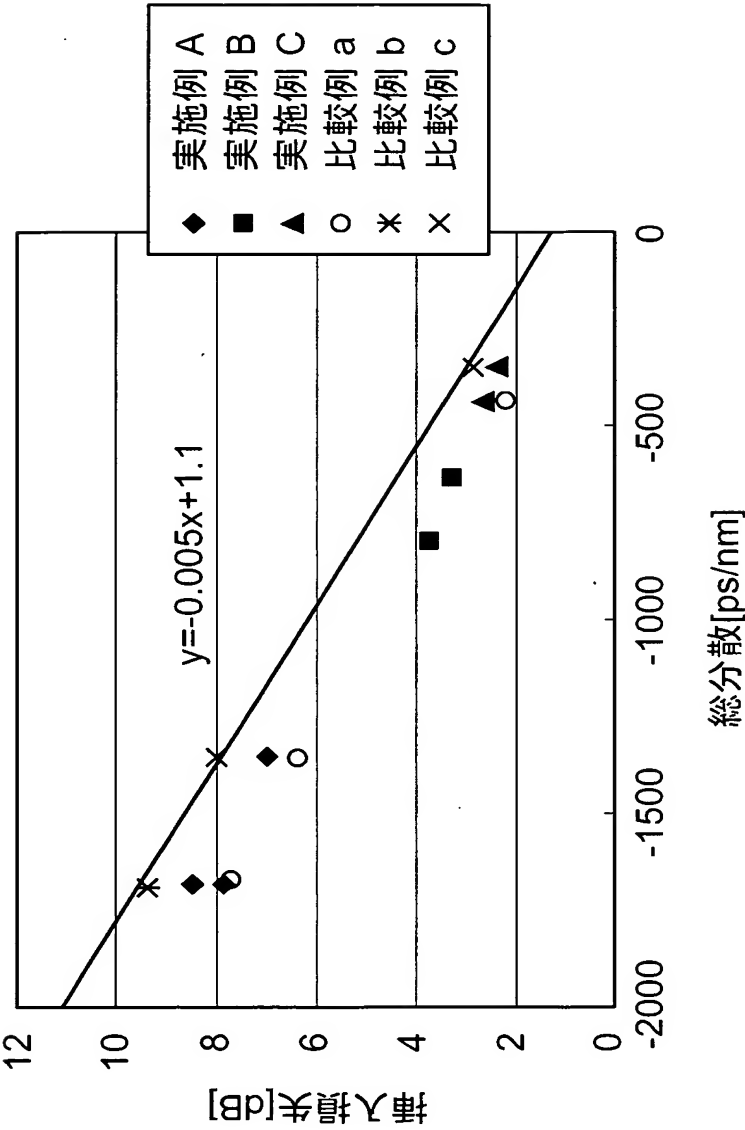
【図 13】



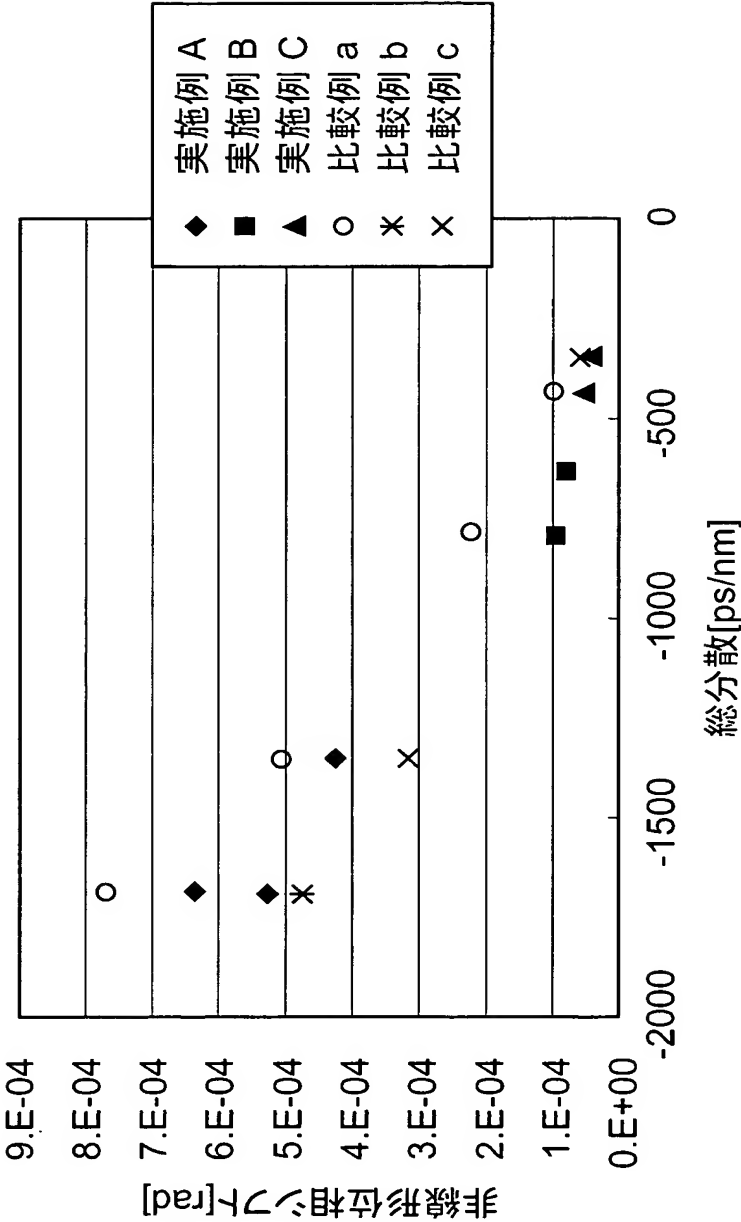
【図 14】

| 第一光ファイバ |                |                              | 第二光ファイバ |                |                              | 分散補償器 |                |                              | 光伝送路        |                    |
|---------|----------------|------------------------------|---------|----------------|------------------------------|-------|----------------|------------------------------|-------------|--------------------|
|         | RDS1<br>[1/nm] | RDC1<br>[1/nm <sup>2</sup> ] |         | RDS2<br>[1/nm] | RDC2<br>[1/nm <sup>2</sup> ] |       | RDS0<br>[1/nm] | RDC0<br>[1/nm <sup>2</sup> ] | 伝送用<br>ファイバ | 残留分散<br>[ps/nm/km] |
| F2      | 0.0010         | -4.90E-05                    | F6      | 0.0074         | 8.05E-05                     | M9    | 0.0035         | 1.42E-06                     | F14         | ±0.0086            |
| F4      | 0.0010         | -8.59E-05                    | F7      | 0.0054         | 5.34E-05                     | M10   | 0.0035         | -7.88E-06                    | F14         | ±0.0056            |
| F2      | 0.0010         | -4.90E-05                    | F12     | 0.0065         | 6.54E-05                     | M13   | 0.0035         | 2.31E-06                     | F14         | ±0.0100            |
| F9      | -0.0033        | -1.45E-04                    | F12     | 0.0065         | 6.54E-05                     | M14   | 0.0035         | -6.17E-07                    | F14         | ±0.0056            |
| F5      | 0.0029         | -1.43E-04                    | F8      | 0.0201         | 3.65E-04                     | M11   | 0.0075         | -9.48E-06                    | F15         | ±0.0050            |
| F4      | 0.0010         | -8.59E-05                    | F8      | 0.0201         | 3.65E-04                     | M15   | 0.0076         | 6.86E-05                     | F15         | ±0.0477            |
| F10     | 0.0018         | -8.41E-05                    | F8      | 0.0201         | 3.65E-04                     | M16   | 0.0077         | 6.10E-05                     | F15         | ±0.0438            |
| F11     | 0.0001         | -1.25E-04                    | F8      | 0.0201         | 3.65E-04                     | M17   | 0.0076         | 5.71E-05                     | F15         | ±0.0374            |
| F5      | 0.0029         | -1.43E-04                    | F13     | 0.0182         | 5.30E-04                     | M18   | 0.0073         | 5.05E-05                     | F15         | ±0.0277            |
| F5      | 0.0029         | -1.43E-04                    | F8      | 0.0201         | 3.65E-04                     | M12   | 0.0099         | 6.42E-05                     | F16         | ±0.0186            |

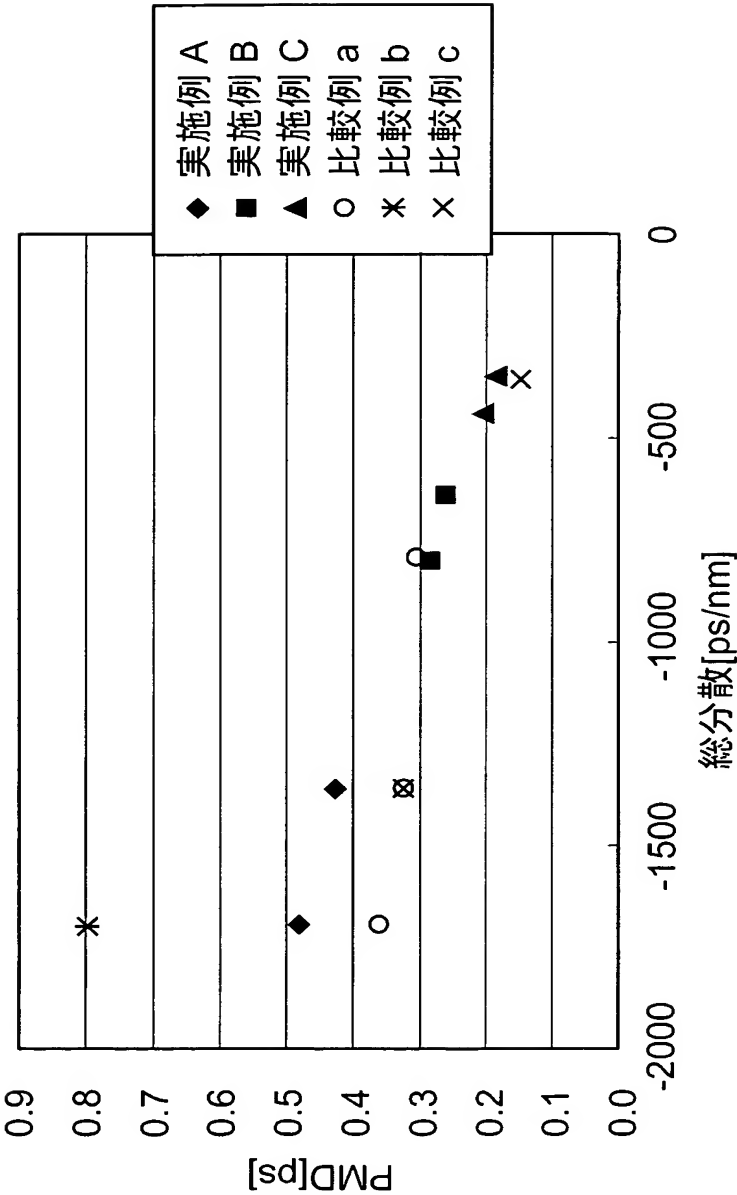
【図 15】



【図 16】

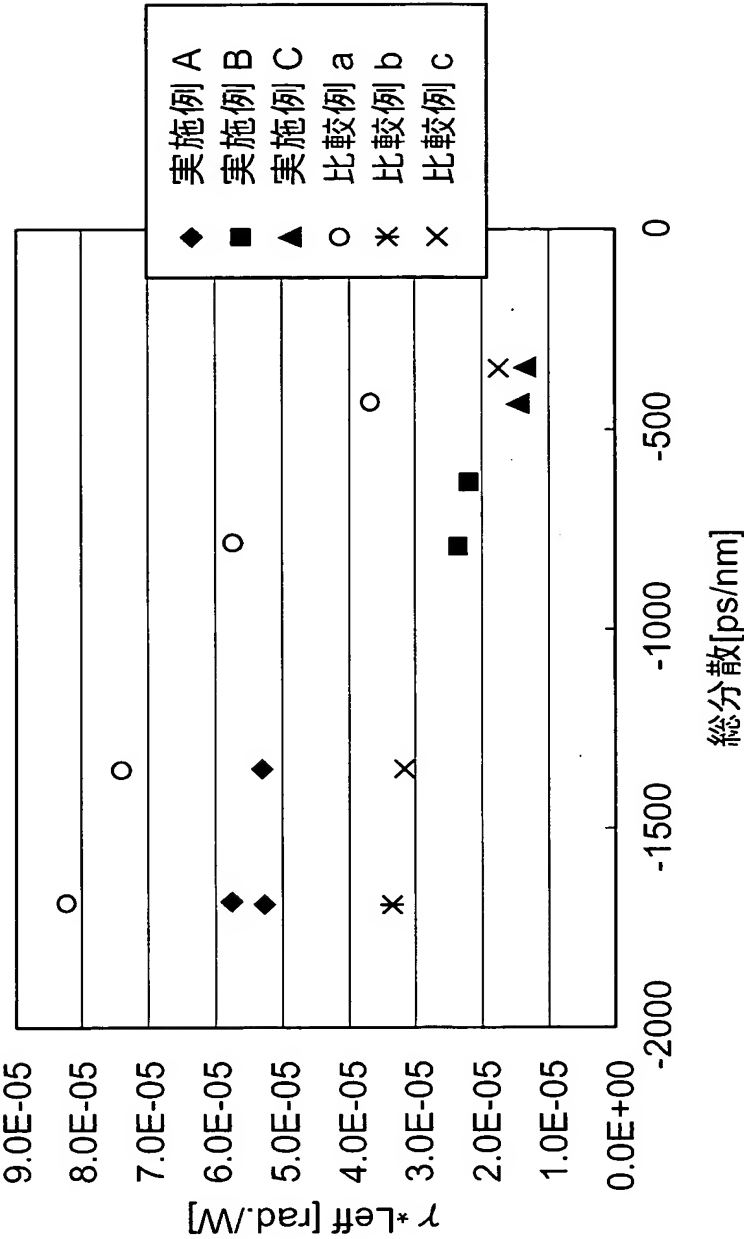


【図 17】





【図 1 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 広い波長域に亘って伝送用光ファイバの波長分散を十分に補償することができる分散補償器を提供する。

【解決手段】 分散補償器 1 0 は、N 本（N は 2 以上の整数）の光ファイバ 1 1<sub>1</sub> ~ 1 1<sub>N</sub> が縦続接続されてなり、R D C 値の絶対値が  $1 0^{-4} / \text{nm}^2$  以下である。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 3 0 1 8 3 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 3 0 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社